



### Guião para o aluno

A zona externa de uma cadeia de montanhas forma-se por deformação dos sedimentos que se vão depositando nas margens submersas dos continentes e nos fundos oceânicos. Essas margens são ativas, ou seja, fazem parte de uma placa que está a ser subductada. À medida que vai ocorrendo a subducção, os sedimentos vão-se deformando, e a cadeia de montanhas vai aumentando em altura.

Podemos simular este processo através de um modelo análogo. Uma caixa em acrílico, uma pilha de areias e pós, um acetato por baixo dela que a puxa contra uma rampa. A pilha de areias e pós simulam os sedimentos, o acetato simula a placa em subducção e a rampa, parte da cadeia de montanhas já formada.

Com base na experiência que vais observando, propomos que resolves a seguinte questão:

<<Como varia, ao longo do tempo, o espessamento ( $y$ ) da cadeia de montanhas em função do seu encurtamento ( $x$ )?>>

1. Começa por fazer uma previsão da relação entre o encurtamento ( $x$ ) e o espessamento ( $y$ ) da pilha de areias ao longo do tempo.
2. Com uma régua, um metro ou uma fita métrica, começa por medir o comprimento e a altura inicial da pilha de areias e pós.

Tem em atenção que todos os dados devem ser inseridos em tabelas previamente traçadas, como a que abaixo exemplificamos, em que as variáveis sejam *encurtamento* ( $x$ ) e *espessamento* ( $y$ ), ou *encurtamento* ( $x$ ) e *número de falhas* ( $y_2$ ).

Tempos	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Encurtamento (cm)							
Espessamento (cm)							
Número de falhas							

**Nota:** Os momentos (t0, t1...) em que são registados os valores de  $x$  e  $y$  não têm valor quantitativo, pois o objetivo é relacionar as outras variáveis.

3. Estabelece um determinado valor de incremento de encurtamento (por exemplo, por cada 1 cm), e faz medições a intervalos regulares do acréscimo do encurtamento relativamente ao inicial, enquanto outro colega (ou grupo de alunos) vai registando o número de falhas formadas para os mesmos valores de encurtamento (figura 1).
4. No final da experiência representa os dados obtidos encurtamento ( $x$ ) e espessamento ( $y$ ) num referencial cartesiano, e encurtamento ( $x$ ) e número de falhas ( $y_2$ ), num outro referencial.  
Escolhe as escalas mais apropriadas, assim como o papel [quadriculado, milimétrico ou semi-log] em que vais representar o gráfico, de modo que ele tenha leitura. Podes também utilizar um programa informático de folha cálculo (ex. Excel®).
5. Responde agora às seguintes questões:
  - 5.1. Analisa e descreve os gráficos: variação de  $y$  em função de  $x$ .
  - 5.2. Explica porque se pode afirmar que o gráfico representa uma função.
  - 5.3. Identifica as variáveis independentes e as variáveis dependentes, justificando as tuas opções.
  - 5.4. Existe uma parte do gráfico em que há uma relação de proporcionalidade direta. Identifica para que valores de  $x$  isso se verifica e escreve a respetiva expressão algébrica.
  - 5.5. Compara os teus gráficos com os dos teus colegas, discute com eles os resultados obtidos e justifica eventuais diferenças.
6. No final confronta os dados obtidos com as previsões que tinhas feito no início da experiência. Se não estiverem de acordo tenta explicar porquê, tendo em atenção alguns fenómenos que aconteceram, como a formação das falhas e a diminuição dos espaços entre os grãos de areias, ou seja, a deformação interna da cadeia de montanhas.

◀ **Figura 1.** Algumas falhas, marcadas a tracejado, que se vão formando à medida que se vai fazendo o encurtamento, e que a deformação vai progredindo. As setas indicam o sentido do deslocamento.

Para além destas tarefas, outro grupo de alunos pode-se encarregar de medir a inclinação de cada falha formada em cada momento do encurtamento. A inclinação da falha é o ângulo que ela faz com a horizontal, e mede-se com um transferidor. Essa variação também pode ser utilizada para a discussão final.

### Desenvolvimento da tarefa

Os objetivos da tarefa (que se podem dividir entre as várias disciplinas que contribuam para a resolução do problema como a Geologia, a Matemática, a Física) poderão ser os seguintes:

- Descrever a informação contida no gráfico, isto é, a variação do *espessamento* em função do *encurtamento*, ao longo do tempo, até que o encurtamento deixe de se conseguir fazer;
- Perceber que as variáveis *espessamento* e *número de falhas* são dependentes do *encurtamento*.
- Compreender que a proporcionalidade direta entre os pares de variáveis ( $x/y$ ) só se verifica até certo ponto, a partir do qual a variação não será linear e tenderá para a estagnação.
- Formular conjecturas que expliquem a variação do *espessamento* em função do *encurtamento* ao longo do tempo, tendo em conta, para além da diminuição do espaço *interno* da pilha de areia, o papel das falhas inversas.
- Comparar os resultados obtidos com o que ocorre na realidade, de acordo com o conhecimento atual, fazendo a devida extrapolação.
- Comunicar as conclusões a que chegou, de uma forma clara e correta, aos seus pares.

Tratando-se de uma simulação de um fenómeno real é importante também investigar em que medida a relação obtida se assemelha à relação real. Esta exigência obriga a que se proceda à comparação do modelo com o que se passa, ou passou, na realidade, inferido principalmente por estruturas (falhas e dobras) que se observam no campo ou nas praias da Costa Vicentina, de contrário a experiência em Geologia não terá sentido.

Da análise dos resultados deve ressaltar a questão:

Mas como se interpretam e justificam todos estes resultados, que, *a priori*, não são os previstos por alunos e professores?

À medida que o acetato é puxado, a pilha de areias vai sendo comprimida contra a rampa. A areia sofre compressão e, atingido o limite de resistência frágil, formam-se falhas.

O encurtamento é feito à custa da diminuição dos espaços vazios entre os grãos de areia e simultaneamente pela formação de falhas e dobras. As falhas mais inclinadas, formadas nos primeiros incrementos, contribuem mais para o espessamento do que as últimas falhas formadas, que são mais *deitadas*. A partir de uma certa altura, o espessamento pára porque a compressão deixa de ser possível: a areia não pode ser mais compactada, até porque o modelo tem limites laterais que por si só, já provocam compressão.

E que dizer quanto ao que se passa na realidade, fazendo a extrapolação?

Bom, na natureza (quase) não existem limites físicos, e o modelo é apenas uma representação à escala megascópica. Por outro lado, a compressão faz-se a todas as escalas. É possível comprimir a rede cristalina, ou seja, diminuir os espaços entre átomos e moléculas. É, por essa razão, e também devido à influência de fatores como a temperatura e a circulação de fluidos, que durante o processo de formação de montanhas, rochas que eram sedimentares ou magmáticas se transformam em rochas metamórficas. Este aspeto reflete-se depois em toda a cadeia de montanhas, permitindo que a compressão continue para além do limite verificado na experiência.

Acabámos de fazer a extrapolação da experiência para o fenómeno real. A que podemos acrescentar outras diferenças entre o modelo e a realidade, como o tempo durante o qual o processo decorre. Não se conhecem outros aspetos como, por exemplo, se todo o fenómeno da formação da zona externa de uma cadeia de montanhas decorre de uma vez só, ou por diversas vezes, de forma descontínua. Não é pois possível conhecer muitos aspetos dos fenómenos geológicos passados, mas apenas simular aproximações que podem ser interpretadas através de métodos quantitativos e gráficos de fácil aplicação.